

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 59 083.4
Anmeldetag: 17. Dezember 2002
Anmelder/Inhaber: Hilti Aktiengesellschaft,
Schaan/LI
Bezeichnung: Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen mit
erhöhtem Expansionsvolumen, Verfahren zu
ihrer Herstellung und deren Verwendung
IPC: C 01 B 33/44

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 15. Mai 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Wehner

Wehner

TER MEER STEINMEISTER & PARTNER GbR

PATENTANWÄLTE - EUROPEAN PATENT ATTORNEYS

**Dr. Nicolaus ter Meer, Dipl.-Chem.
Peter Urner, Dipl.-Phys.
Gebhard Merkle, Dipl.-Ing. (FH)
Bernhard P. Wagner, Dipl.-Phys.
Mauerkircherstrasse 45
D-81679 MÜNCHEN**

**Helmut Steinmeister, Dipl.-Ing.
Manfred Wiebusch
Artur-Ladebeck-Strasse 51
D-33617 BIELEFELD**

Case: C086 Thermosilikat

1.7.12.2002

tM/hg

**Hilti Aktiengesellschaft
Feldkircherstrasse 100
9494 Schaan
Liechtenstein**

**Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen mit erhöhtem Expansionsvolumen,
Verfahren zu ihrer Herstellung und deren Verwendung**

1

Beschr ibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen mit erhöhtem Expansionsvolumen und modifizierter Onset-Temperatur durch Einlagerung von Intercalatverbindungen in native, blähfähige Schichtsilikate, insbesondere nativen Vermiculit, die dabei erhaltenen Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen und deren Verwendung als Intumeszenzmaterial und/oder in geblähter Form als Additiv für die Herstellung von Flammenschutz-Materialien und hochtemperaturbeständigen Isolations- und Dämmplatten sowie Dichtungen.

Blähfähige Schichtsilikate, wie beispielsweise Vermiculit, sind aus Octaeder- und Tetraeder-Schichten aufgebaut, zwischen denen austauschbare Kationen, wie Magnesium- und Aluminium-Kationen eingelagert sind, deren Verhältnis je nach Herkunft des Schichtsilikats variiert. Aufgrund des Vorhandenseins von Zwischenschichtwasser unterliegen solche blähfähigen Schichtsilikate beim Erhitzen einer Expansion, welche dadurch hervorgerufen wird, daß das Zwischenschichtwasser bei höherer Temperatur spontan freigesetzt wird und zur Folge hat, daß die Schichten auseinander gedrängt werden. Die Temperatur, bei der der Expansionsvorgang einsetzt, wird als Onset-Temperatur bezeichnet, die beispielsweise bei nativem blähfähigem Vermiculit, wie er in dem nachfolgenden Vergleichsbeispiel eingesetzt wird, bei 320°C liegt.

Solche blähfähigen Schichtsilikate werden ebenso wie Blähgraphit aufgrund dieses thermischen Expansionsverhaltens als intumeszierendes Brandschutzadditiv für die Herstellung von Flammeschutzzusammensetzungen für beispielsweise Brandschutz-Abdichtungen von Durchbrüchen, Durchführungen und sonstigen Öffnungen in Wänden, Böden und/oder Ecken von Gebäuden eingesetzt. Im Brandfall dehnt sich das in der Flammeschutz-Zusammensetzung vorliegende blähfähige Schichtsilikat aus, was zur Folge hat, daß auch nach dem Abbrennen des Matrixmaterials der Flammeschutz-Zusammensetzung die abzudichtende Öffnung während einer weiteren Zeitdauer durch die Ausdehnung des Schichtsilikats verschlossen bleibt.

Für solche Brandschutz-Abschottungssysteme werden je nach Art und materieller Beschaffung der Rohrdurchführungen unterschiedliche Anforderungen gestellt. So ist beispielsweise bei den sehr schnell schmelzenden und verbren-

1 nenden Polyethylenrohren ein Verschließen der entstehenden Öffnung innerhalb kürzester Zeit erforderlich, was eine hohe Expansionsgeschwindigkeit und ein großes Expansionsvolumen des intumeszierenden Materials voraussetzt. Demzufolge ist ebenso wie bei der Onset-Temperatur auch hinsichtlich
5 dieser Parameter ein hohes Maß an Variabilität notwendig, um beispielsweise bei der Herstellung solcher Brandschutzmaterialien das Ausdehnungsverhalten des intumeszierenden Flammenschutz-Materials gezielt auf die speziellen Produktanforderungen einstellen zu können. Im Gegensatz zu Blähgraphit, der bislang als Standard-Intumessenzmaterial eingesetzt wird, aber bei hohen
10 Temperaturen oxidativen Abbrand zeigt, zeichnen sich die blähfähigen Schichtsilikate, wie Vermiculit, durch ihre hohe thermische Beständigkeit aus. In nativer Form besitzen diese blähfähigen Schichtsilikate aber nur ein mäßiges druckaufbauendes Expansionsverhalten, welches den Einsatz dieser Materialien im passiven Brandschutz stark einschränkt.

15

Die geringe Anzahl der kommerziell erhältlichen Vermiculit-Typen ermöglicht die bei der gezielten Anpassung der Flammenschutz-Materialien an den angestrebten Einsatzzweck erforderlichen Anpassungen der Volumen- und Geschwindigkeitssteigerung sowie die nötige Flexibilität nur unzureichend.

20

Die im Handel erhältlichen Schichtsilikate sind jedoch bedingt doch die eingeschränkte Auswahl an eingelagerten Intercalat-Verbindungen (Gast-Verbindungen) in der Variation ihrer Expansionseigenschaften, namentlich ihres Expansionsvolumens und der Onset-Temperatur limitiert. Um jedoch flexibel auf die speziellen Produktanforderungen, insbesondere im Bereich des passiven Brandschutzes reagieren zu können, sind expansionsfähige Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen notwendig, die eine höhere Variationsbreite und gezielte Einstellung ihrer Intumessenz-eigenschaften, insbesondere im Hinblick auf das Expansionsvolumen und dem Onset, das heißt die Temperatur beim Expansionsbeginn, zu ermöglichen.

25

Die Modifizierung von blähfähigen Schichtsilikaten durch Intercalation von Gastmolekülen ist bereits bekannt und erfolgt überlicherweise durch Dispergieren der Silikatteilchen in einer Lösung der entsprechenden Gastverbindung. Als Gastmoleküle können sowohl anorganische Salze als auch organische Verbindungen eingelagert werden. Die Onset-Temperatur der kommerziell zur Verfügung stehenden Schichtsilikate liegt bei etwa 300°C.

1 So beschreibt das US-Patent 4,305,992 ein intumeszierendes Bahnmaterial mit stark verringertem negativem Expansionsverhalten, welches einen blähfähigen Vermiculit mit einer Teilchengröße von etwa 0,1 mm bis 6 mm enthält, dessen Onset-Temperatur durch Kationenaustausch mit Ammoniumphosphat, Ammoniumcarbonat, Ammoniumacetat, Ammoniumhydroxid und Harnstoff auf eine signifikant niedrigere Temperatur als die der herkömmlichen Vermiculite eingestellt worden ist.

10 Gegenstand des US-Patents 5,116,537 und der korrespondierenden Europäischen Patentanmeldung 0 429 246 ist ein bei niedriger Temperatur expandierbarer Vermiculit und ein intumeszierendes Bahnmaterial, welches diesen als intumeszierendes Brandschutzadditiv enthält. In der Beschreibung wird darauf hingewiesen, daß der aus der oben genannten US-Patentschrift 4,305,992 bekannte Vermiculit Expansionstemperaturen aufweist, die für viele Anwendungszwecke immer noch zu hoch sind, so daß die Lehre dieses Standes der Technik darauf abzielt, die Expansionstemperatur des Vermiculits noch weiter abzusenken. Dies wird dadurch erreicht, daß ein Kationenaustausch mit Kaliumionen bewirkt wird, welche durch den Einsatz einer Kaliumnitratlösung eingebracht werden. Im Vergleich zu dem Ionenaustausch 20 mit Ammoniumnitrat, Kaliumchlorid und Ammoniumchlorid lassen sich dadurch, wie angegeben wird, noch niedrigere Expansionstemperaturen erreichen.

25 Allerdings vermögen die nach diesem Stand der Technik erhaltenen blähfähigen Schichtsilikate nicht vollständig zu befriedigen, weil sich keine gezielte Abstimmung der Eigenschaften des intumeszierenden Brandschutzadditivs auf die jeweilige Bindemittelmatrix des Brandschutzmaterials erreichen läßt. Wie oben bereits ausgeführt worden ist, müssen beim passiven Brandschutz schmelzende Metall- und Kunststoffrohre durch den Blähvorgang der Intumescenzmaterialien abgequetscht werden, um dadurch den durch den Schrumpfungsprozeß der Rohrdurchführungen entstehenden Hohlraum schnell wieder zu verschließen unter Ausbildung einer mechanisch stabilen und thermisch isolierenden Schutzschicht. Hierfür sind Intumescenzmaterialien mit druckaufbauender Expansion erforderlich, bei denen der Expansionsprozeß trotz Widerstand beziehungsweise Gegendruck nicht abbricht, wie dies beispielsweise bei der chemischen Intumescenz, die durch Reaktion von Kohlenstoff-Spendern (beispielsweise Stärke und Pentaerythrit), Säurespen-

1 dern (beispielsweise Ammoniumpolyphosphat) und Treibmitteln (beispielsweise Melamin) der Fall ist.

5 Des weiteren darf der Expansionsprozeß erst dann einsetzen, wenn die Bindemittelmatrix der Brandschutz-Zusammensetzung erreicht ist, da sich erst dann eine synergistische Wirkung und die bestmögliche Effizienz der druckaufbauenden Expansion des blähdichten Schichtsilikats erreichen läßt. Es ist daher erforderlich, über blähdichten Schichtsilikate zu verfügen, deren Eigenschaftsprofil bezüglich des Expansionsverhaltens gezielt und genauer eingestellt werden kann, wobei es insbesondere darauf ankommt, bei erhöhter Expansionsgeschwindigkeit die Onset-Temperaturen in der gewünschten Weise modifizieren zu können.

15 Darüber hinaus sind die nach der Lehre der US-Patentschrift 5,116,537 beziehungsweise der korrespondierenden Europäischen Patentanmeldung 0 429 246 unter Verwendung von Kaliumnitrat hergestellten blähdichten Vermiculite für den Brandschutz insbesondere wegen des korrosiven Verhaltens und der potentiellen Gesundheitsgefährdung des in dem Vermiculit verbliebenen Kaliumnitrats ungeeignet. Für die Herstellung geeigneter passiver Brandschutzprodukte ist es erforderlich, die Folgeschäden und die gesundheitlichen Risiken möglichst gering zu halten und giftige, aggressive oder brandfördernde Additive und Zusatzstoffe zu vermeiden, um die Brandlast so gering wie möglich zu halten. Da Kaliumnitrat als Intercalationsverbindung bei der Zersetzung des blähdichten Schichtsilikats korrosive nitrose Gase freisetzt, sind die Vermiculite dieses Standes der Technik insbesondere bei der Anwendung als Abdichtung für Kabeldurchführungen nachteilig. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß ein solches Brandschutzprodukt bis zu über 40% des intumeszierenden Brandschutzadditivs, also des Kaliumnitrat-ausgetauschten Vermiculits, enthalten kann, ergeben sich im Brandfall sehr hohe Konzentrationen an bei der Zersetzung freiwerdenden Gasen. Dies ist besonders erschwerend im Fall von großen abzudichtenden Öffnungen für Kabelschotts und/oder Kabelschächte mit hoher Kabelbelegung, wie sie im Telekommunikationsbereich und bei Netzwerkleitungen auftreten, da neben hohen Materialmengen für die Brandschutzabdichtung häufig auch kleine Räumlichkeiten vorliegen, so daß sich eine unerwünschte Aufkonzentrierung der giftigen Rauchgase ergeben kann.

1 Schließlich ist Kaliumnitrat, welches in den Schichtsilikaten des genannten
Standes der Technik enthalten ist, aufgrund seiner Eigenschaften als Flamm-
schutzmittel ungeeignet, da es sich um einen brandfördernden Stoff handelt,
der durch Sauerstoffabgabe die Verbrennung unterhält und damit den Abbau
5 der Polymermatrix der intumeszierenden Brandschutzprodukte aktiv fördert.
Da Flammenschutzsysteme darauf abzielen, die Ausbreitung des Brandherdes
zu vermeiden und eine Selbstverlöschung des Brandes zu bewirken, erscheint
der Einsatz von mit Kaliumnitrat durch Kationenaustausch modifizierten
blähfähigen Schichtsilikaten als intumeszierendes Brandschutzadditiv im Be-
10 reich des Brandschutzes in der Tat völlig ungeeignet.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht also darin, ein Verfahren zur Herstellung von Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen anzugeben, die insbesondere für den passiven Brandschutz geeignet sind und die bei druck-
15 aufbauendem Expansionsverhalten in ihrer höheren Expansionsgeschwindigkeit und ihrer Onset-Temperatur gezielt einstellbar sind.

Es hat sich überraschenderweise gezeigt, daß sich bei der Modifizierung des Expansionsverhaltens von blähfähigen Schichtsilikaten durch Kationenaus-
20 tausch die Expansionseigenschaften der erhaltenen Schichtsilikate nicht nur die Auswahl des entsprechenden Metallkations positiv beeinflussen läßt, sondern auch durch die Auswahl des eingesetzten Anions, da offenbar die Anionen auch teilweise co-intercaliert werden und bei ihrer Zersetzung einen Beitrag zum Expansionsvorgang leisten.

25

Die oben genannte Aufgabe wird daher gelöst durch das Verfahren gemäß Hauptanspruch. Die Unteransprüche betreffen bevorzugte Ausführungsformen dieses Erfindungsgegenstandes, sowie die nach diesem Verfahren erhältlichen Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen und deren Verwendung als
30 Intumeszenzmaterial, welches als intumeszierendes Brandschutzadditiv und/ oder in geblähter Form als Additiv für die Herstellung von Flammenschutz-Materialien, sowie für die Herstellung von hochtemperaturbeständigen Isola- tions- und Dämmplatten und Dichtungen eingesetzt werden kann.

35 Gegenstand der Erfindung ist daher, ein Verfahren zur Herstellung von Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen mit erhöhter Expansionsgeschwin- digkeit und/oder modifizierter Onset-Temperatur durch Einlagerung von In-

1 tercalatverbindungen in native, blähfähige Schichtsilikate, insbesondere nativen Vermiculit, das dadurch gekennzeichnet ist, daß man als Intercalatverbindung mindestens einen Vertreter der Alkoholate von Lithium und Kalium und Salze von Lithium, Natrium und Kalium mit organischen Säuren umfassenden Gruppe durch Kationenaustausch in das native Schichtsilikat eingeschlossen.

Es hat sich überraschenderweise gezeigt, daß mit der oben beschriebenen Verfahrensweise und den dabei eingesetzten Intercalatverbindungen sich eine hohe Variabilität der Eigenschaften der erfindungsgemäß erhältlichen Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen erreichen läßt, namentlich im Hinblick auf die Expansionsgeschwindigkeit, die Onset-Temperatur und das Expansionsvolumen.

15 Die hierin angesprochene Onset-Temperatur [°C] ist als die Temperatur definiert, bei der der thermische Expansionsprozeß des intumeszierenden Systems, also hier der erfindungsgemäßen Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen beginnt, das heißt die Temperatur zu Beginn des Expansionsvorgangs. Die herkömmlichen und im Handel erhältlichen blähfähigen nativen Schichtsilikate, beispielsweise der in dem Beispiel 1 angesprochene native Vermiculit aus China, besitzt eine Onset-Temperatur von 320°C, wenn diese mit Hilfe der nachfolgend beschriebenen Vorrichtung und den angegebenen Meßbedingungen bestimmt wird.

25 Die Expansionsgeschwindigkeit [% / °C] ist definiert als die prozentuale Zunahme des in der nachfolgenden Weise bestimmten Volumens der Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen pro °C Temperatursteigerung.

Das Expansionsvolumen [% / mg] ist auf die Menge der Schichtsilikat-Intercalationsverbindung normiert und entspricht der Differenz zwischen dem Anfangsvolumen und dem Endvolumen der vollständig expandierten Schichtsilikat-Intercalationsverbindung. Nähere Angaben zur Bestimmung dieser Parameter finden sich im weiteren Verlauf der Beschreibung.

35 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren verwendet man als Intercalatverbindung vorzugsweise ein Salz einer gegebenenfalls substituierten organischen Carbonsäure mit einer oder mehreren Carboxylgruppen. Besonders bevorzugt

1 sind die Salze von gegebenenfalls substituierten organischen Carbonsäuren der allgemeinen Formel R(COOH)_n, in der R eine gegebenenfalls substituierte Alkyl-, Cycloalkyl-, Alkenyl-, Cycloalkenyl-, Aryl-, Arylalkyl-, Arylcycloalkyl-, Alkylaryl- oder Cycloalkylaryl-gruppe mit 1 bis 30, vorzugsweise mit 1 bis 18
5 C-Atomen und n eine ganze Zahl mit einem Wert von 1 bis 4, vorzugsweise von 1 oder 2 bedeuten. Als Substituenten enthalten die bevorzugten organischen Carbonsäuren einen oder mehrere Vertreter der Halogenatome, Ether-, Ester-, Amino-, Amid-, Hydroxy- und Harnstoffgruppen umfassenden Gruppe.

10 Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung lagert man als Intercalatverbindung ein Salz der Ameisensäure, Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure, Oxalsäure, Weinsäure, Hexansäure, Adipinsäure, Malonsäure, Gluconsäure, Glykolsäure, Citronensäure, Milchsäure, Glyoxylsäure, Trifluoressigsäure, Salicylsäure, Nitrilotriessigsäure und/oder Ethyleniamintetraessigsäure (EDTA) in das native, blähfähige Schichtsilikat ein.
15

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform lagert man als Intercalatverbindung ein Alkoholat von Lithium oder Kalium mit einem einwertigen oder mehrwertigen, aliphatischen oder aromatischen Alkohol, wie beispielsweise Methanol, Ethanol, 2-Propanol, 2-Butanol, tert.-Butanol, Benzylalkohol, 1-Decanol, Ethylenglykol, 1,3-Propandiol, 1,4-Butandiol und/oder Glycerin ein.

25 Erfindungsgemäß besonders bevorzugt eingelagerte Intercalatverbindungen sind Lithiumcitrat, Lithiumformiat, Lithiumacetat, Natriumformiat, Natriumoxalat, Natriumgluconat, Natriummethylat, Natriumethylat, Natriumpropylat, Kaliumformiat, Kaliumacetat, Kaliumgluconat, Kaliumoxalat und/oder das Dikaliumsalz der Ethyleniamintetraessigsäure.

30 Als natives, blähfähiges Schichtsilikat verwendet man erfindungsgemäß vorzugsweise blähfähigen Vermiculit, Hydrobiotit und/oder Chlorit-Vermiculit mit einem mittleren Teilchendurchmesser von 0,1 mm bis 10 mm, vorzugsweise 0,3 mm bis 1,0 mm.

35 Dabei führt man das Verfahren vorzugsweise in der Weise durch, daß man das Schichtsilikat in einer Lösung der Intercalatverbindung in einem geeigneten Lösungsmittel suspendiert, die Intercalation gegebenenfalls unter Erhit-

1 zen bewirkt und die erhaltene Schichtsilikat-Intercalationsverbindung aus der Suspension abtrennt, gegebenenfalls wäscht und trocknet.

5 Als Lösungsmittel kann man hierbei Wasser, einen aliphatischen oder aromatischen Alkohol, einen Ether, einen Ester, ein Alkan, ein Cycloalkan, ein aromatisches Lösungsmittel und/oder ein Amin einsetzen. Besonders bevorzugt ist jedoch Wasser als Lösungsmittel.

10 Bei der Durchführung des Verfahrens arbeitet man vorzugsweise bei einer Konzentration der Intercalatverbindung in der Lösung von 0,01 Mol/l bis 5,0 Mol/l, vorzugsweise 0,1 Mol/l bis 1,0 Mol/l. Mit Vorteil bewirkt man die Intercalationsreaktion bei einer Temperatur von 10°C bis 150°C, vorzugsweise 25°C bis 60°C während einer Reaktionsdauer von 0,5 bis 144 Stunden, vorzugsweise 10 bis 36 Stunden.

15

Nach der Umsetzung trennt man die Schichtsilikat-Intercalationsverbindung vorzugsweise durch Filtration oder Dekantieren aus der Suspension ab, wäscht sie gegebenenfalls mit einigen Millilitern des verwendeten Lösungsmittels und trocknet dann. Das Trocknen kann bei Raumtemperatur, im Vakuum oder im Trockenschrank bei Raumtemperatur oder aber auch bei erhöhter Temperatur erfolgen. Vorzugsweise bewirkt man das Trocknen im Trockenschrank während 1 Stunde bis 12 Stunden bei 60 bis 80°C.

25 Ein weiterer Gegenstand der Erfindung sind die nach der oben beschriebenen Verfahrensweise erhältlichen Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen sowie deren Verwendung als Intumeszenzmateriale, welches als solches als intumescierendes Brandschutzadditiv und/oder in geblähter Form als Additiv für die Herstellung von Flammenschutz-Materialien, sowie für die Herstellung von hochtemperaturbeständigen Isolations- und Dämmplatten und Dichtungen eingesetzt werden kann, insbesondere für Brandschutz-Abdichtungen von Durchbrüchen, Durchführungen und sonstigen Öffnungen in Wänden, Böden und/oder Decken von Gebäuden. Hierzu bringt man diese Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen in üblicher Weise in die für solche Anwendungszwecke eingesetzten Matrixmaterialien ein und zwar in den für den angestrebten Expansionseffekt notwendigen Mengen.

1 Die oben angesprochenen Expansionseigenschaften der erfindungsgemäß erhältlichen Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen werden durch thermomechanische Analyse über die Dimensionsänderung des Materials in Abhängigkeit von der Temperatur gemessen. Hierzu wird eine Probe auf einen Probenträger aufgebracht, der mit einer Meßsonde versehen und in einen Ofen eingebraucht wird, welcher unter Anwendung eines geeigneten Temperaturprogramms innerhalb eines vorbestimmten Temperaturbereichs aufgeheizt wird. Die Meßsonde kann zusätzlich mit einer variablen Auflast beaufschlagt werden. Bei dieser Messung wird eine positive Dimensionsänderung als Expansion bezeichnet.

15 Zur Bestimmung des Expansionsverhaltens der erfindungsgemäß erhältlichen Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen wird die pulverförmige Probe in einen Korundiegel eingebraucht und mit einem Stahliegel abgedeckt. Der Stahliegel gewährleistet bei der Ausdehnung der Probe die ruckfreie Übertragung der Dimensionsänderung der Probe auf die Meßsonde. Diese Tiegelanordnung wird auf den Probenträger der thermomechanischen Analysevorrichtung (TMA) aufgebracht und in den Ofen eingeführt.

20 Als Ergebnis einer solchen thermomechanischen Analyse erhält man eine Kurve, wie sie in der beigefügten Zeichnung dargestellt ist, in der einzigen

25 **Figur 1** in der die prozentuale Expansion des Materials als Linearverschiebung des Stahliegels gegen die Temperatur aufgetragen ist.

Die Onset-Temperatur [$^{\circ}\text{C}$] der Schichtsilikat-Intercalationsverbindung ist mathematisch als Schnittpunkt der verlängerten Basislinie vor der Expansion der Probe und der Wendetangente der Expansionskurve definiert.

30

Die Expansionsgeschwindigkeit des untersuchten intumeszierenden Materials im Bereich des Onsets entspricht der Steigung dieser Wendetangente. Die Einheit der Expansionsgeschwindigkeit ist demzufolge [% / $^{\circ}\text{C}$].

35

Das Expansionsvolumen entspricht der horizontalen Stufe zwischen der Basislinie und dem Maximum der Kurve. Es gibt die Ausdehnung der Substanz [%] beziehungsweise der Ausgangslänge wieder. Da bei diesen Messungen das

1 Volumen von der eingewogenen Substanzmenge abhängig ist, wird das Expansionsvolumen auf die Einwaage normiert. Als Einheit resultiert das normierte Expansionsvolumen in [%/mg].

5 Sämtliche in den nachfolgenden Beispielen angegebenen Messungen der hergestellten Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen erfolgten mit Proben vergleichbarer Teilchengrößeverteilung im Bereich von 0,3 mm bis 1,0 mm.

Bei der Bestimmung der oben angesprochenen Parameter des Expansionsverhaltens wurden die Bedingungen eingehalten:

Vorrichtung:	TMA/SDTA840; Firma Mettler-Toledo, Gießen, DE
Temperaturprogramm:	Dynamischer Modus (mit vorgeschalteter isothermer Phase während 5 Minuten bei 25°C)
15 Aufheizrate:	20°C /min
Temperaturbereich:	25°C bis 1100°C
Analysengas:	Synthetische Luft
Flußrate:	60 ml /min
Auflast:	0,06 N
20 Probengefäß:	150 µl Korundiegel + 150µl Stahliegel (als Deckel)

Bei der Verwendung der erfindungsgemäß erhältlichen Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen als intumeszierendes Brandschutzadditiv ist je nach Anwendung eine niedrigere oder höhere Onset-Temperatur erforderlich bei vorzugsweise einem durchwegs erhöhtem Expansionsvolumen, welche Eigenschaften auf das Schmelzverhalten der Kabel- und Rohrdurchführungen abgestimmt werden müssen. Erfindungsgemäß wird es ohne weiteres möglich, den Beginn der Expansion der Schichtsilikat-Intercalationsverbindung genau auf das Einsatzgebiet abzustimmen, und in dieser Weise eine höhere Variabilität der Intumeszenzmaterialien für den passiven Brandschutz zu erreichen.

Die erfindungsgemäß erhältlichen Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen expandieren beim Erhitzen auf die Onset-Temperatur, welche entweder gezielt in einem Ofen durchgeführt werden kann zur Herstellung entsprechend expandierter Produkte oder beim Vorliegen anderer Heizquellen, wie Feuer, Lichtbestrahlung oder elektrischer Impulse, wobei dies auch namentlich dann

1 der Fall ist, wenn die Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen in eine Bin-
demittelmatrix eingebettet werden unter Bildung einer Brandschutz-Dicht-
masse. Dabei ist festzuhalten, daß die erfundungsgemäß hergestellten
5 Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen auch unter Auflast expandieren
und damit sehr starke Expansionskräfte freizusetzen vermögen, was insbe-
sondere für ihren Einsatz als Intumeszenzmaterial von Bedeutung ist.

Die folgenden Beispiele dienen der weiteren Erläuterung der Erfindung.

10 **BEISPIEL 1 (Vergleich)**

Dieses Beispiel verdeutlicht das Expansionsverhalten von herkömmlichem
nativem blähfähigem Vermiculit aus China.

15 Man wägt in einem 150 µl Korundiegel 20 mg handelsüblichen nativen Ver-
miculit ein und deckt diesen mit einem 150 µl Stahltiegel als Deckel ab, um
eine gleichmäßige Kraftverteilung der Auflast zu gewährleisten. Dabei muß
das Stahltiegelchen noch weit genug in den Korundiegel eintauchen, um eine
hinreichend gute Stabilität der gesamten Anordnung zu garantieren. An-
schließend wird diese Probenanordnung derart auf den TMA-Probentisch ge-
legt, daß der TMA-Meßfühler (ein Quarzglasbügel) mittig in Kontakt mit dem
Boden des Stahltiegels steht. Auf diese Weise ist garantiert, daß jede Län-
genänderung der Probe störungsfrei vom TMA-Meßfühler abgegriffen wird.
Die Probe mit einer konstanten Auflast von 0,06 N beschwert und mit einer
25 Aufheizgeschwindigkeit von 20°C/min auf 1100°C erhitzt. Gemessen wird die
Längenänderung als Funktion der Temperatur.

Das Material zeigt eine erste Onset-Temperatur von 320°C, ein Expansionsvo-
lumen von 14,8 [%/mg] und eine Expansionsgeschwindigkeit von 4,2 [%/°C].

30

BEISPIEL 2

Intercalation von Natriumacetat durch Kationenaustausch in nativem, bläh-
fähigem Vermiculit.

35

Man legt in einem 100 ml Becherglas 3 g (0,05 Mol) nativen Vermiculit vor
und versetzt ihn unter mäßigem Rühren mit einer wässrigen Lösung von

1 0,1 Mol/l = 5,0 Mol/l Natriumacetat in Lösung in 30 ml Wasser. Man läßt
diese Reaktionsmischung während 3 Tagen bei Raumtemperatur stehen. Zur
Aufarbeitung wird die Suspension über einen Glasfilter der Porengröße G1
abfiltriert und portionsweise mit 100 ml Wasser gewaschen. Anschließend
5 wird der kationenausgetauschte Vermiculit während 12 Stunden bei 60°C im
Trockenschrank getrocknet. Das Material ist über Monate hinweg lagerbe-
ständig.

Die Bestimmung des Expansionsverhaltens in der oben beschriebenen Weise
10 zeigt, daß die in dieser Weise erhaltene Vermiculit-Intercalationsverbindung
einen Onset-Temperatur von 277°C, ein normiertes Expansionsvolumen von
16,3 [%/mg] und eine Expansionsgeschwindigkeit von 16,4 [%/°C] aufweist.

BEISPIEL 3

15 In gleicher Weise wie in Beispiel 2 beschrieben, wurden die in der nachfolgen-
den Tabelle 1 angegebenen Intercalatverbindungen in den gleichen blähfah-
igen Vermiculit durch Kationenaustausch eingelagert. Die Expansionseigen-
schaften der erhaltenen Vermiculit-Intercalationsverbindungen sind ebenfalls
20 in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

30

35

1

Tabelle

5

10

15

20

25

30

35

Typ Wirt	Intercalat	Onset-Temperatur [°C]	Expansionsvolumen, normiert [% / mg]	Expansionsgeschwindigkeit [% / °C]
Nativer Vermiculit	--- (Vergleich)	320	14,8	4,2
Nativer Vermiculit	EDTA-Dikaliumsalz	235	20,8	17,2
Nativer Vermiculit	Kaliumgluconat	242	21,4	14,5
Nativer Vermiculit	Kaliumoxalat	244	19,0	21,8
Nativer Vermiculit	Kaliumacetat	248	20,8	18,6
Nativer Vermiculit	Kaliumformiat	252	19,2	17,9
Nativer Vermiculit	Natriumacetat	277	16,3	16,4
Nativer Vermiculit	Natriumglukonat	297	18,0	17,4
Nativer Vermiculit	Lithiumcitrat	347	20,4	16,2
Nativer Vermiculit	Lithiumacetat	349	18,8	7,9
Nativer Vermiculit	Natriumpropylat	356	17,4	23,7
Nativer Vermiculit	Lithiumformiat	358	19,0	21,6
Nativer Vermiculit	KNO ₃ (Vergleich)	237	21	14,3

BEISPIEL 4 (Vergleichsbeispiel)

Zu Vergleichszwecken wurde entsprechend der Lehre des US-Patents 5,116,537 beziehungsweise der entsprechenden Europäischen Patentanmeldung 0 429 246 unter den gleichen Bedingungen Kaliumnitrat durch Kationenaustausch in den gleichen nativen blähfähigen Vermiculit eingelagert. Die erhaltene Vermiculit-Intercalationsverbindung besitzt, wie auch in der obigen Tabelle 1 angeführt, eine Onset-Temperatur von 237 [°C] ein Expansionsvolumen 21 [%/mg] und eine Expansionsgeschwindigkeit von 14,3 [% / °C].

Es jedoch zu erkennen, daß es erfindungsgemäß möglich ist, mit den definierten Intercalatverbindungen für den Brandschutz hervorragend geeignete Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen herzustellen, deren Expansionsverhalten im Hinblick auf die Onset-Temperatur, das Expansionsvolumen und die Expansionsgeschwindigkeit in beliebiger Weise gezielt eingestellt werden können.

1

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen mit erhöhter Expansionsgeschwindigkeit und/oder modifizierter Onset-Temperatur durch Einlagerung von Intercalatverbindungen in native, blähfähige Schichtsilikate, insbesondere nativen Vermiculit, **dadurch gekennzeichnet**, daß man als Intercalatverbindung mindestens einen Vertreter der Alkoholate von Lithium und Kalium und Salze von Lithium, Natrium und Kalium mit organischen Säuren umfassenden Gruppe durch Kationenaustausch in das native Schichtsilikat einlagert.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß man als Intercalatverbindung ein Salz einer gegebenenfalls substituierten, organischen Carbonsäure mit einer oder mehreren Carboxylgruppen einlagert.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Intercalatverbindung ein Salz einer gegebenenfalls substituierten, organischen Carbonsäure der allgemeine Formel $R(COOH)_n$, in der R eine gegebenenfalls substituierte Alkyl-, Cycloalkyl-, Alkenyl-, Cycloalkenyl-, Aryl-, Arylalkyl-, Arylcycloalkyl-, Alkylaryl- oder Cycloalkylaryl-Gruppe mit 1 bis 30, vorzugsweise mit 1 bis 18 C-Atomen und n eine ganze Zahl mit einem Wert von 1 bis 4, vorzugsweise von 1 oder 2 bedeuten, verwendet.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die organische Carbonsäure als Substituenten einen oder mehrere Vertreter der Halogenatome, Ether-, Ester-, Amino-, Amid-, Hydroxy- und Harnstoffgruppen umfassenden Gruppe aufweist.
5. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß man als Intercalatverbindung ein Salz der Ameisensäure, Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure, Oxalsäure, Weinsäure, Hexansäure, Adipinsäure, Malonsäure, Gluconsäure, Glykolsäure, Citronensäure, Milchsäure, Glyoxylsäure, Trifluoressigsäure, Salicylsäure, Nitrilotriessigsäure und/oder Ethyldiamintetraessigsäure (EDTA) einlagert.

35

- 1 6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß man Intercalatverbindung ein Alkoholat von Lithium oder Kalium mit einem einwertigen oder mehrwertigen, aliphatischen oder aromatischen Alkohol einlagert.
- 5 7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß man als Intercalatverbindung ein Alkoholat von Lithium oder Kalium mit Methanol, Ethanol, 2-Propanol, 2-Butanol, tert.-Butanol, Benzylalkohol, 1-Decanol, Ethylenglykol, 1,3-Propandiol, 1,4-Butandiol und/oder Glycerin einlagert.
- 10 8. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß man als Intercalatverbindung Lithiumcitrat, Lithiumformiat, Lithiumacetat, Natriumformiat, Natriumacetat, Natriumoxalat, Natriumgluconat, Natriummethylat, Natriumethylat, Natriumpropylat, Kaliumformiat, Kaliumacetat, Kaliumgluconat, Kaliumoxalat und/oder Ethylen-15 diamintetraessigsäure-dikaliumsalz einlagert.
- 20 9. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß man als natives, blähfähiges Schichtsilikat blähfähigen Vermiculit, Hydrobiotit und/oder Chlorit-Vermiculit mit einem mittleren Teilchendurchmesser von 0,1 mm bis 10 mm, vorzugsweise 0,3 mm bis 1,0 mm einsetzt.
- 25 10. Verfahren mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß man das Schichtsilikat in einer Lösung der Intercalatverbindung in einem geeigneten Lösungsmittel suspendiert, die Intercalation gegebenenfalls unter Erhitzen bewirkt und die erhaltene Schichtsilikat-Intercalationsverbindung aus der Suspension abtrennt, gegebenenfalls wäscht und trocknet.
- 30 11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Lösungsmittel Wasser, ein aliphatischer oder aromatischer Alkohol, ein Ether, ein Ester, ein Alkan, ein Cycloalkan, ein aromatisches Lösungsmittel und/oder ein Amin verwendet wird.
- 35 12. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei einer Konzentration der Intercalatverbindung in der

1 Lösung von 0,01 Mol/l bis 5,0 Mol/l, vorzugsweise 0,1 Mol/l bis 1,0 Mol/l gearbeitet wird.

5 13. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Intercalationsreaktion bei einer Temperatur von 10°C bis 150°C, vorzugsweise 25°C bis 60°C durchgeführt wird.

10 14. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Intercalationsreaktion während einer Reaktionszeit von 0,5 bis 144 Stunden, vorzugsweise 10 bis 36 Stunden durchgeführt wird.

15 15. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schichtsilikat-Intercalationsverbindung durch Filtration oder Dekantieren aus der Suspension abgetrennt, gegebenenfalls mit einigen Millilitern des verwendeten Lösungsmittels gewaschen und dann getrocknet wird.

20 16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Trocknen bei Raumtemperatur, im Vakuum oder im Trockenschrank bei erhöhter Temperatur erfolgt.

17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Trocknen im Trockenschrank während 1 Stunde bis 12 Stunden bei 60 bis 80°C erfolgt.

25

18. Schichtsilikat-Intercalationsverbindung erhältlich nach mindesten einem der Ansprüche 1 bis 17.

30 19. Verwendung der mit dem Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 17 erhältlichen Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen als Intumeszenzmaterial, welches als intumeszierendes Brandschutzadditiv und/oder in geblähter Form als Additiv für die Herstellung von Flammenschutz-Materialien, sowie für die Herstellung von hochtemperaturbeständigen Isolations- und Dämmplatten und Dichtungen, insbesondere für Brandschutz-Abdichtungen 35 von Durchbrüchen, Durchführungen und sonstigen Öffnungen in Wänden, Böden und/oder Decken von Gebäuden eingesetzt werden kann.

1

Zusammenfassung

Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen mit erhöhtem Expansionsvolumen, Verfahren zu ihrer Herstellung und deren Verwendung

5

Beschrieben werden ein Verfahren zur Herstellung von Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen mit erhöhter Expansionsgeschwindigkeit und/oder modifizierter Onset-Temperatur durch Einlagerung von Intercalatverbindungen in native, blähfähige Schichtsilikate, insbesondere nativen Vermiculit, das dadurch gekennzeichnet ist, daß man als Intercalatverbindung mindestens einen Vertreter der Alkoholate von Lithium und Kalium und Salze von Lithium, Natrium und Kalium mit organischen Säuren umfassenden Gruppe durch Kationenaustausch in das native Schichtsilikat einlagert, die dabei erhaltenen Schichtsilikat-Intercalationsverbindungen und deren Verwendung als Intumeszenzmaterial, welches als intumeszierendes Brandschutzadditiv und/oder in geblähte Form als Additiv für die Herstellung von Flammenschutz-Materialien sowie für die Herstellung von hochtemperaturbeständigen Isolations- und Dämmplatten oder Dichtungen eingesetzt werden kann.

20

25

30

35

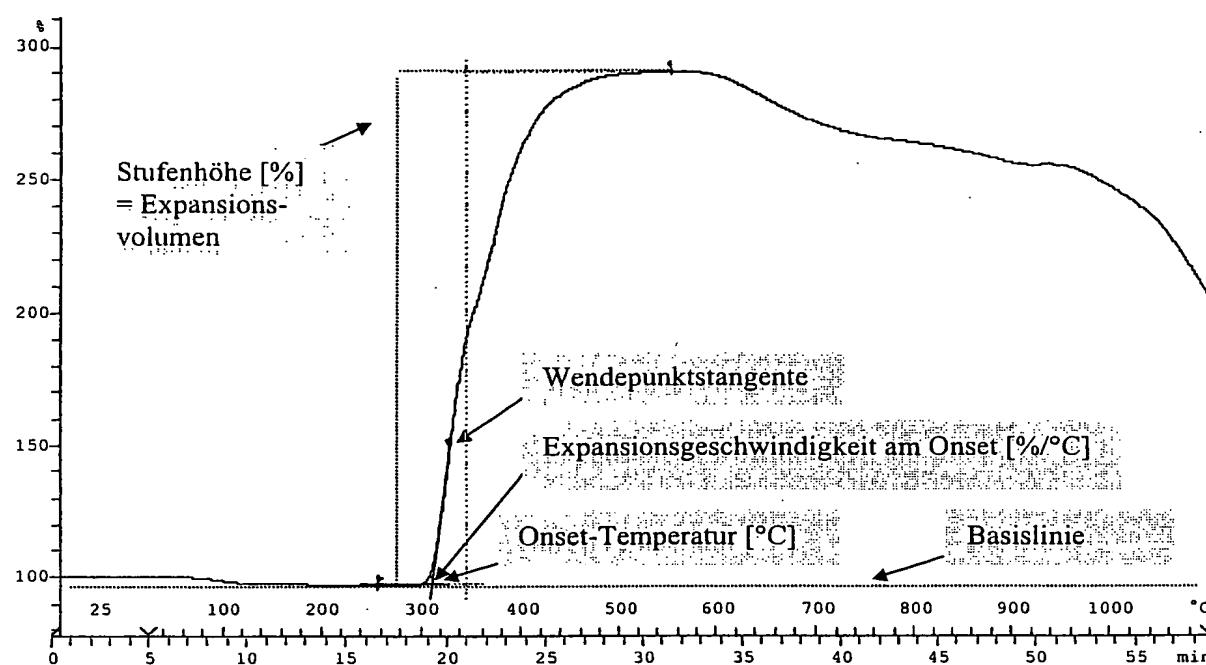


Fig. 1